

脉冲调宽型圆顶随动系统

杜宇

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 提出了一种新型的脉冲宽度调制功率放大器电路, 用脉冲宽度调制方法 (PWM) 控制直流电动机, 成功地在本伺服系统中得到应用, 并且文中给出了实验结果。

关键词: 脉宽调制放大器; 功率晶体管; 伺服系统

1 概述

圆顶随动系统是为驱动安装在拖车上的圆顶而设计的。它使圆顶按技术指标的要求跟踪主机的方位运动, 使整台仪器的使用更加灵活、机动、具有活动站的性能。

它由驱动随动圆顶的电机及齿轮箱减速机构、电气控制柜及操作面板等组成。

2 工作原理

2.1 系统简化结构方框图及工作原理

主机的数控系统将其方位编码器送出的代表主机方位角位置的数字信息与代表圆顶角位置的圆顶编码器数字信息送入数字比较器后并经数字比较器的 D/A 变换后, 送出模拟量, 经校正、放大后, 形成控制脉冲。随着数

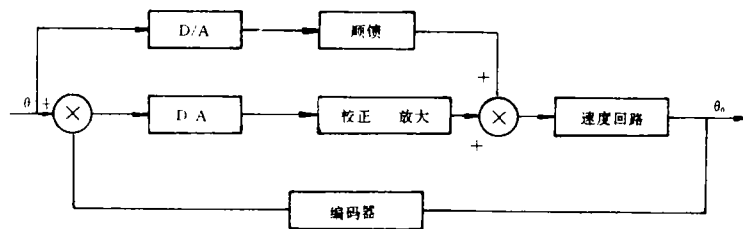


图1 系统结构方框图

字比较器的输出量的变化, 控制脉冲的宽度也相应地发生变化, 即脉冲宽度调制。从而实现了
对电动机的控制。此外, 数控系统还提供了主机方位角速度的信息量, 作为系统的反馈。因此
可以构成复合随动系统, 使圆顶随动系统具有较高的跟踪精度。

2.2 系统的组成

系统由速度回路、位置校正放大、过流保护、电源、编码器、数字比较器等部分组成。

2.2.1 驱动方案的选择

考虑到负载惯量大,使用时对低速跟踪平稳性能的要求,采用脉宽调制驱动直流伺服电动机的方法。

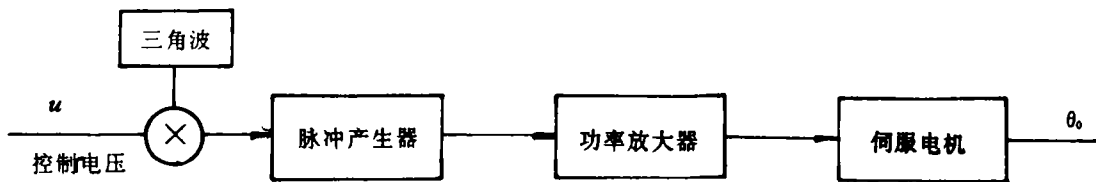


图2 脉宽调制控制原理方框图

脉宽调制的矩形波电压信号用数学方法展开后可以看成是一个直流电压分量 U_0 与一系列高频交流电压分量之和:

$$u_0 = U_0 + \sum_{n=1}^{\infty} U_n \cos(2\pi n f t - \gamma n \pi)$$

式中: U_0 —— 输出电压平均值;

γ —— 矩形波的占空比;

f —— 放大器开关频率;

T —— 开关周期。

由于功率放大器的负载是电动机,若所选的开关频 f 远远高于电动机的响应频带和共振区,可以认为所有高频交流电压完全被电动机所衰减,对电动机起作用的只是输出的矩形波电压的平均值 U_0 。

在图中,脉冲产生器具有准确的翻转电平,当控制电压与三角波相加高于其触发电平时,即产生一个频率等于三角波的频率、宽度正比于输入控制电压的脉冲,经伺服功率放大器放大后,去驱动直流伺服电动机。

电路的构成如图3所示:

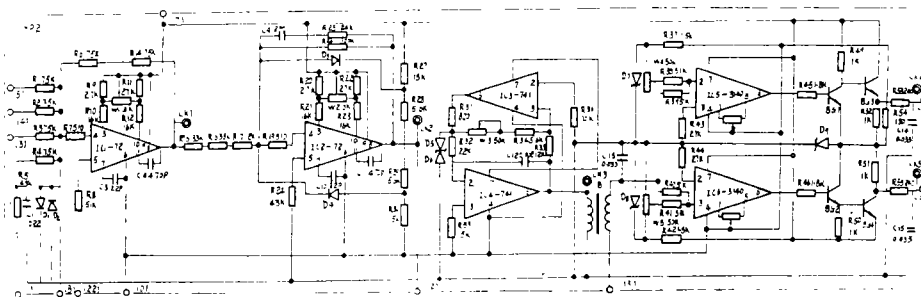


图3 脉冲调制电路原理图

电路中, IC_3 、 IC_4 构成了三角波发生器,频率为 500Hz,幅值为 5V,经相加变压器与控制信号相加,经施密特电路 IC_5 、 IC_6 形成与误差信号大小相对应的脉冲调宽信号,再经倒相器、射随器输出为功放电路的控制信号。设计中,保证了一路有信号输出,另一路处于截止状态,使电路安全、可靠地工作。

2.2.2 执行元件及测速机

电动机驱动的圆顶内径为 3m, 外径为 3.1m, 总重量为 250kg, 机械结构采用钢丝、钢球轨道, 轨道转动部分重量为 250kg, 即转动部分(轨道加圆顶)总重量为 500kg, 圆轨道转动部分惯量为 $81\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2$, 摩擦力矩为 $28\text{kg} \cdot \text{m}$, 根据上述机械参数和技术指标中对速度、加速度的要求, 选用 FANAC 公司的 B8 永磁直流伺服电动机—测速机组做为执行元件。B8 电动机采用永磁定子、H 级绝缘、全封闭结构、直流测速发电机直接装在靠近控制箱一侧的电动机轴上, 保证平滑旋转和稳定工作, 直流伺服电动机满足调速范围, 最大功率及机械刚度等技术指标要求。

直流伺服电动机主要性能指标和基本参数如下:

额定功率	0.9kW
最高转速	2000r/min
转动惯量	$0.045\text{kg} \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^2$
静摩擦转矩	$2.8\text{kg} \cdot \text{cm}$
电枢直流电阻	0.7Ω
电枢电感	0.0027H
额定电流	12A
最大允许电流	100A
最高电枢温升	160°C

测速发电机主要性能指标和基本参数如下:

速度范围	1—2000r/min
灵敏度	$6.0 \pm 100\% \text{V}/1000(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$
线性度	最大 0.2%
纹波(峰—峰)	最大 1.5%
正负向输出不平衡	最大 0.3%
转子惯量	$0.086\text{g} \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^2$

2.2.3 伺服功率放大器

伺服功率放大器是由功率晶体管构成的桥式开关电路。功率级各臂采用级联电路, 以获得较高的电流增益, 每臂采用多管并联、均流形式, 可以加大输出电流。功率放大器具有高效率、低成本, 简单可靠、无需调整等特点。电路中采用了二极管做为自锁, 能够可靠地防止上、下臂直通, 采用二极管做为续流电路, 为电动机电枢电流在脉冲间隔期间提供续流通路, 使流过电动机的电流是连续的。伺服功率放大器电路如图 4 所示。

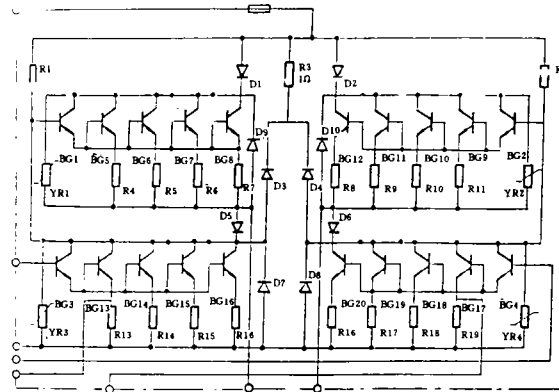


图 4 功率放大器

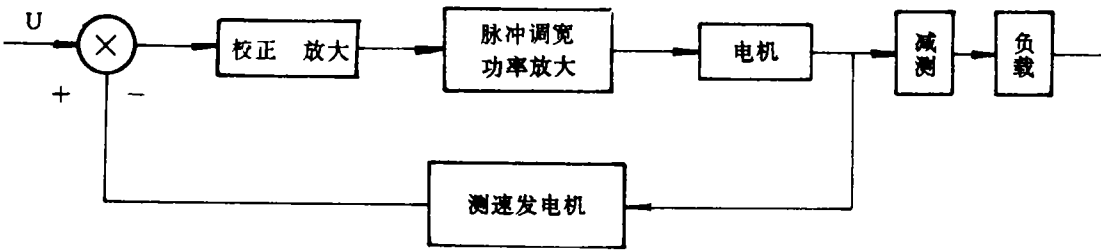


图 5 速度回路结构方框图

3 调速回路

在随动系统中,调速回路是一个极为重要的组成部分,它采用直流测速发电机作为负反馈元件,构成位置随动系统的内回路,它的性能直接影响到随动系统的精度、加速度等各项重要指标。

调速回路结构方框图如图 5 所示。

调速回路开环频率特性如图 6 示。其开环传递函数为:

$$W(S) = \frac{K_A}{(T_m S + 1)(T_e S + 1)}$$

式中: T_m —— 系统机械时间常数;

T_e —— 电气时间常数;

$$T_m = 1.43S.$$

$$T_e = 0.004S$$

则调速系统开环传递函数为:

$$W(S) = \frac{K_A}{(1.43S + 1)(0.004S + 1)}$$

调速回路的开环增益主要由低速平稳性决定。而影响低速性能的因素也是多方面的,如:线路噪声、摩擦力矩、干扰力矩等。考虑到这些因素调速回路的开环增益应不小于 36db。

从图中可以看出,机械谐振频率很低,约 4.5Hz(峰值频率)该机械谐振频率不仅影响系统的校正,而且具有破坏性,所以线路中设置了一个校好的陷波器,使谐振峰大大下降,加陷波器后虽然还有几处谐振点,但峰值已很低,校正后的系统是可以稳定工作的,系统采用微积分校正网络,其形式为:

$$W_2(S) = \frac{\tau S + 1}{T S + 1} = \frac{0.33S + 1}{0.66S + 1} \tag{3}$$

调速系统调速范围为 $0.06^\circ \sim 35^\circ/s$,最大加速度 $> 50^\circ/s^2$,调整时间 0.6s,过渡过程曲线无

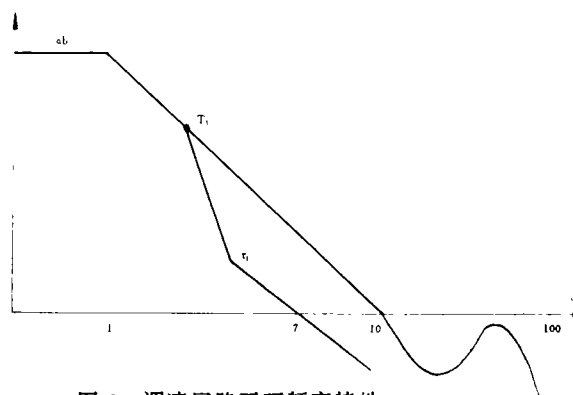


图 6 调速回路开环频率特性

超调。

4 位置伺服系统

采用顺馈的办法构成复合控制系统,采用二级放大器以满足系统放大倍数的要求,采用有源微积分校正保证系统稳定和精度指标的要求。系统校正参数为:

$$W_1(S) = \frac{\tau S + 1}{TS + 1} = \frac{0.44S + 1}{6.2S + 1} \quad (4)$$

5 实验数据及使用情况

最大角速度	36°/s
最大角加速度	54°/s ²
归零位置精度	<10'

在速度 20°/s,角加速度 7°/s² 正弦引导下跟踪最大误差为 45',达到了技术指标要求。出厂仪器圆满地完成了多次任务,操作简便,灵活可靠用户反映良好。

参考文献

- [1]刘伯春,脉宽调制(PWM)功率放大器伺服系统及其可靠性分析. 电气自动化,1983,(4):11-17
 [2]陈伯时,自动控制系统. 北京:机械工业出版社,1981
 [3]K. S. Rajashekara, protection and Switching-aid Network for Transistor Bridge, Inverter. IEEE/IECDN, 1986,(2)
 [4]朱而光,脉宽调制的直流控制. 电气自动化,1992,(2):19-28

PWM Dome Tracking System

Du Yu

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
 Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

A new pulse width modulation amplifier circuit is presented. The pulse width modulation method is used for controlling DC motors, and it has been used successfully for the serve system. The experiment results are given.

Key words: PWM amplifier, Power transistor, Serve system